RPS 및 FIT 제도가 신재생에너지 보급에 미치는 효과 분석 : 104개국 패널토빗분석*

임형우** · 조하현***

요약

본 연구는 1990년부터 2014년까지의 104개국 연간 자료를 이용하여 신재생 에너지 지원 정책인 FIT(Feed-In Tariff), RPS(Renewable Portfolio Standard) 정책의 효과를 비교하였다. 신재생에너지 보급률 자료의 중도절단(censored) 특성을 반영하기 위해 확률효과 토빗 모형(Tobit model)으로 분석한 결과, 전반적으로 FIT 정책의 효과가 RPS에 비해 컸다. OECD 및 비OECD를 구분할 경우 OECD 국가에서는 FIT 정책이, 비OECD 국가에서는 RPS 정책의 효과가 뛰어났다. 다만 태양광의 경우, 비OECD 국가에서도 FIT 정책의 효과가 우월하였다. 신재생에너지 보급률을 기준으로 정책 효과를 비교할 경우, 보급률이 높은 그룹에서는 FIT가, 보급률이 낮은 그룹에서는 RPS 정책의 효과가 컸다. RPS 및 FIT 정책을 동시에 시행하는 경우의 추가적인 효과는 전반적으로 크지 않았으나, 풍력 에너지의 경우 정책을 혼용하여 시행할 때 효과가 증가했다.

주요 단어 : 발전차액지원제도, 신재생에너지 공급 의무화, 패널토빗
경제학문헌목록 주제분류 : Q21, Q42

* 유익한 논평으로 논문의 완성도를 높이는데 도움을 주신 세 분의 심사위원께 감사드립니다.

** 연세대학교 경제학부 석박통합과정(제 1저자). hyungwoo.lim0206@gmail.com

*** 연세대학교 경제학부 교수(제 2저자). hahyunjo@hanmail.net

I. 서 론

UN이 1992년 리우에서 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)을 채택한 이후로 기후변화는 전 세계적인 위협으로 부각되었다. 현재 197개 국가가 유엔기후변화협약에 참여하고 있으며, 온실가스 저감을 위해 다양한 정책을 시행하고 있다. 2015년 말에 개최된 21번째 당사국총회(Conference of the Parties, COP 21)에서 회원국들은 지구 평균기온 상승을 산업화 이전 대비 '2°C보다 상당히 낮은 수준(well below)으로 유지'하는 것을 목표로 설정하였다. 이 수치의 달성을 위해서는 상당한 수준의 온실가스 절감이 필요하며 한국은 2030년까지 온실가스배출전망치 대비 37% 감축을 목표로 제시하였다.

온실가스 배출을 절감하기 위해서는 저탄소 에너지원로의 전환이 필수적이다. 많은 국가들이 신재생에너지 목표 수준을 설정하고, 다양한 지원 정책을 통해 신재생에너지 보급에 힘쓰고 있다. 147개국이 온실가스 감축 전략 중 재생에너지를 언급하고 있으며 보급 목표를 세우고 있다(REN21, 2017). 신재생에너지 설비 역시 폭발적으로 증가하여, 2014년 기준 신규 발전설비 용량 증가분의 45%를 신재생에너지가 담당하고 있다(박정순, 2015).

최근 한국은 탈(脫)원전에 대한 주장이 제기되면서 신재생에너지에 대한 관심이 급증하였다. 문재인 정부는 2030년까지 매년 10조원씩 총 140조원을 신재생에너지에 투자할 예정이다. 이를 바탕으로 한국은 2030년까지 전체 발전 비중의 20%를 신재생에너지로 충당할 계획이다. 목표 달성을 위해서는 적극적인 자금 투자와 함께 효과적인 신재생에너지 정책이 수반되어야 한다.

대부분의 국가에서 아직 그리드 패리티(grid parity)에 도달하지 못했으며 외부의 지원 없이는 신재생에너지 발전량을 확대하기 어렵다. 따라서 대부분의

국가는 신재생에너지 지원 정책을 실시하고 있으며, 이 중 대표적인 정책이 FIT(Feed-In Tariff) 정책과 RPS(Renewable Portfolio Standard) 정책이다.

전 세계적으로 가장 일반적으로 시행되는 신재생에너지 지원 정책은 FIT 정책으로 2014년 기준 60개 국가에서 시행되고 있다(REN21, 2017). FIT 정책은 신재생에너지를 통하여 공급한 전기의 거래 가격이, 표준비용을 통하여 설정한 기준가격보다 낮은 경우 그 차액을 발전사업자에게 지원하는 제도이다. FIT 정책 시행시 정부가 가격을 보장하기 때문에 신재생에너지 투자의 불확실성을 제거할 수 있지만, 적정한 기준가격 설정이 어렵고, 보조금을 위한 정부의 재정 부담이 크다. 발전사 입장에서는 기술개발이 미진하고 보조금을 많이 지급하는 사업에 투자할 유인이 증가하기 때문에 경제 전반적인 자원배분의 비효율성을 초래할 수 있다(이민식, 2009; 권태형, 2014).

RPS 정책은 2014년 기준 16개 국가에서 시행되고 있다. RPS 정책은 기존 에너지공급 사업자에게 발전량 중 일정 비율을 신재생에너지로 공급하도록 강제함과 동시에 REC(Renewable Energy Certificate) 시장¹⁾을 구성하여 발전사업자들 간의 REC 거래를 허용하는 제도이다. RPS 정책은 신재생에너지 발전 비율을 강제하기 때문에 공급규모 예측이 쉽고, REC 시장을 통해 발전사업자의 비용절감 유인이 크며 정부의 재정부담도 없다. 하지만, 발전사업자 입장에서는 REC 가격 변동에 따라 가격 리스크가 존재하며, 사업에 대한 불확실성이 FIT 정책에 비해 크다. 또한 발전 단가가 낮은 신재생에너지만을 생산할 유인이 커지기 때문에 특정 신재생에너지원으로 편중될 가능성이 높다(이민식, 2009; 권태형, 2014).

다수의 국가들이 상황에 따라 두 정책을 혼용하거나 개별 정책을 이용하고 있지만 아직까지 신재생발전 설비 확충에 어떤 정책이 효과적인지는 명확한 결론이 나지 않았다. 두 정책 모두 각각의 장단점이 있기 때문에 어떠한 정책이 신재생에너지 보급에 더 큰 효과가 있는지는 예측하기 어렵다. 한국의 경

1) REC 시장이란 신재생에너지를 통해 전력을 생산할 경우 인증서(REC)를 발부하여, 시장에서 REC를 구매/판매할 수 있도록 한 시장이다.

우 2002년 FIT를 도입했지만, 비용 등의 문제로 2012년부터 RPS로 전환하였다. 반면 영국, 일본, 중국 등은 최근 RPS에서 FIT로 선회하였다. 본 연구는 정책의 효과를 객관적으로 파악하기 위해 1990년부터 2014년까지 전 세계 104개 국가를 대상으로 FIT와 RPS의 효과를 비교하였다.

향후 연구의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 선행연구를 살펴보고, 기존의 연구의 한계점 및 본 연구의 차별점을 제시한다. 제 III장에서는 중도절단자료(censored data)를 추정하는 방법인 토빗(Tobit) 모형에 대해 설명한 후 실증분석 모형 및 데이터를 제시한다. 제 IV장에서는 모형의 추정결과를 제시한다. 또한 표본을 OECD·비OECD 및 보급률 수준에 따라 구분하고, 정책을 동시에 시행하는 경우를 고려하여 국가 특성 및 신재생에너지원 종류에 따라 적절한 지원 정책이 변할 수 있음을 확인한다. 마지막으로 제 V장에서는 결론 및 시사점을 도출한다.

II. 선행 연구 및 차별점

1. 신재생에너지 지원 정책 관련 선행연구

신재생에너지 보급이 2000년 이후 본격적으로 진행되었으므로, 초반의 연구는 대부분 특정 국가의 질적 연구에 중심을 두고 있다(Berry and Jaccard, 2001; Gan et al., 2007; Menz and Vachon, 2006). 실제 데이터를 이용하여 FIT 및 RPS 효과를 분석하는 연구는 2010년대 이후 본격적으로 시작되었다.

대부분의 실증 분석 연구 결과 FIT는 신재생에너지 보급을 늘렸지만, RPS는 신재생에너지 보급에 유의한 영향을 미치지 못했다(Carley, 2009; Zhao et al., 2013; García-Álvarez et al., 2017). 더 나아가 일부 연구에서는 RPS 정책 시행에 따라 풍력·바이오매스 등 일부 신재생에너지 설비가 감소하는 효과가

발견되었다(Shrimali and Kneifel, 2011; Dong, 2012). 또한 RPS와 FIT 정책을 혼용할 때 효과가 증대되기도 하였다(Dong, 2012).

하지만 선행연구들은 다음의 문제를 갖고 있다. 첫째로 Zhao et al.(2013)을 제외하고는 종속변수로 이용되는 신재생에너지 보급 자료에 0이 많다는 부분을 반영하지 못했다.²⁾ 따라서 선행연구들은 비교적 이른 시점부터 신재생에너지 발전을 시작한 EU 및 선진국을 대상으로 하거나, 개도국의 신재생에너지 발전 자료가 존재하는 2000년대 중반 이후부터를 분석 대상으로 삼았다(García-Álvarez et al., 2017; Dong, 2012). 하지만 선진국만을 대상으로 할 경우 개도국 등 신재생에너지 보급이 처음 시작되는 나라들에서의 정책효과를 분석할 수 없다. 또한 표본 기간을 2000년대 중반부터로 한정할 경우 이전의 과거 자료를 의도적으로 절삭(truncate)하는 문제가 발생한다.

둘째로, 선행연구들은 FIT 및 RPS 제도의 효과가 신재생에너지 보급 수준에 따라 다를 수 있다는 점을 간과했다. 보급률이 높은 국가는 기술 혁신을 유도하는 정책이 효과적일 수 있다. 반면, 보급률이 낮은 경우 신재생에너지 초기 도입에 따른 비용 부담이 크기 때문에 RPS와 같이 신재생에너지를 강제하는 정책의 효과가 클 수 있다. 이와 같이 선진국·개도국 및 보급률 수준 차이에 따라 필요로 하는 정책이 다른 만큼 국가 특성에 따른 정책 효과 분석이 필요하다.

2. 본 연구의 차별점

본 연구의 차별점은 다음과 같다. 첫째로 표본 기간을 전 세계 104개국, 1990년부터 2014년까지 기간으로 확장하여 일반화된 결론을 도출하였다. 기존 연구의 경우 자료 확보가 용이한 OECD, EU 및 미국만을 대상으로 분석

2) 하지만 Zhao et al.(2013)에서 쓰인 PPML(Poisson Pseudo-Maximum Likelihood) 추정법은 종속변수가 이산형일 때 이용하는 방식으로 신재생에너지 보급률과 같은 연속형 자료를 분석하는데 적절하지 않다.

하였다. 하지만 신기후체제 하에서 모든 국가들이 온실가스를 감축해야 하는 만큼, 개도국에 적합한 신재생에너지 지원 정책을 확인하는 과정이 필요하다.

둘째로 전체 신재생에너지지원뿐만 아니라 에너지원별로 각 정책의 효과를 분석하였다. 에너지원에 따라 필요로 하는 정책이 다를 수 있는 만큼, 세부 신재생에너지원별로 효과적인 지원 정책을 구분할 필요가 있다. 특히 한국 정부의 경우 태양광 부문을 집중적으로 육성하고자 한다는 점에서 태양광 설비 확충에 효과적인 신재생 지원 정책을 분석할 필요가 있다.

셋째로 신재생에너지보급 수준이 중도절단되어 있다는 자료의 특성을 반영한 토빗 모형을 통해 편향(bias)을 수정하였다. 본 연구는 신재생에너지 확충 의사를 잠재변수로 보고 확률효과 패널 토빗 모형을 이용하여 선행연구의 오류를 보완하였다.

Ⅲ. 실증 분석 모형 및 데이터

1. 중도절단자료(censored data) 추정 방법

신재생에너지 발전 설비 자료는 0의 값이 많은 중도절단자료이다. 신재생에너지 발전 설비를 구축하기 위해서는 일정수준의 기술력과 지리적·지형적·경제적 여건이 충족되어야 한다. 예를 들어 풍력 발전소를 건설하기 위해서는 부품의 생산 및 조립을 위한 기술력뿐만 아니라 바람이 풍부한 지형 등 일정한 조건이 필요하다. 각 국가는 기술력 및 관심 수준을 바탕으로 신재생에너지 설비에 대한 확대 의사를 가지게 되고, 그 정도가 일정 수준을 넘으면 실제 발전소 건설로 이어진다. 다시 말해, 신재생에너지 설비가 없더라도 신재

생에너지 확충 의사는 일정 부분 존재할 수 있다.

일부 선행연구들에서도 이러한 자료의 특성을 고려하고 있다. Delmas and Montes-Sancho(2011)는 신재생에너지 설비가 중도절단되었다는 특성을 반영하여 정책 효과를 분석하기 위해 2단계 토빗 모형을 이용했다. 또한 일부 연구에서 신재생에너지에 대한 지불의사(willingness to pay)를 분석하기 위해 신재생에너지 설비 자료를 이용하는 과정에서 중도절단되었다는 특성을 고려했다(Nakano et al., 2016; Aguilar and Cai, 2010).

본 연구의 목표는 RPS 및 FIT 정책이 신재생에너지 확충 의사에 얼마만큼의 영향을 미치고, 실제로 얼마만큼의 발전 설비 확충을 유도하는지를 분석하는 것이다. 따라서 이를 효율적으로 추정하기 위해 본 연구에서는 중도절단자료 추정에 이용되는 토빗 모형 추정법을 활용하였다.

예를 들어 잠재변수(latent variable)를 $y_{i,t}^*$, 관측되는 변수(observed variable)를 $y_{i,t}$ 라고 한다면 다음과 같은 식(2)를 수립할 수 있다. 이때 잠재변수가 일정 수준(c)보다 큰 경우($y_{i,t}^* > c$)에만 $y_{i,t}$ 로 관측될 수 있다.

$$y_{i,t}^* = \beta' X_{i,t} + u_{i,t} \quad (2)$$

$$y_{i,t} = \begin{cases} y_{i,t}^* & \text{if } y_{i,t}^* > c \\ 0 & \text{if } y_{i,t}^* \leq c \end{cases}, u_{i,t} \sim N(0, \sigma^2)$$

토빗 모형은 식(2)를 바탕으로 우도함수를 도출한 후 이를 최대화시키는 $\hat{\beta}$ 을 찾는 방식으로 계수를 추정하게 된다(Amemiya, 1984).

2. 실증 분석 모형

본 분석에 이용한 기본 모형은 식(3)과 같다.

$$RE_{i,t}^{k*} = \alpha_i + \beta_1 FIT_{i,t-1}^k + \beta_2 RPS_{i,t-1}^k + \gamma' X_{i,t-1} + \delta' Z_i + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$RECap_{i,t}^k / TCap_{i,t} = \begin{cases} RE_{i,t}^{k*} & \text{if } RE_{i,t}^{k*} > c \\ 0 & \text{if } RE_{i,t}^{k*} \leq c \end{cases}$$

$$\epsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma^2)$$

(k : 전체, 풍력, 태양광, $i = 1, 2, \dots, 104$, $t = 1990, 1991, \dots, 2014$)

$RE_{i,t}^{k*}$ 은 i 국가 t 시점 k 신재생에너지원의 확충의사를 나타내는 잠재변수이다. $RECap_{i,t}^k / TCap_{i,t}$ 는 전체 전력발전설비 대비 k 신재생에너지원 발전설비의 비중을 나타내며 관측 가능하다. 즉, 확충의사가 일정 수준(c)을 넘는 경우에만 실제 발전설비를 구축하게 되어 관측이 가능하게 된다. $FIT_{i,t}^k, RPS_{i,t}^k$ 는 k 신재생에너지원에 대해 FIT, RPS 정책이 시행되었는지에 대한 가변수이다. 설명변수는 Zhao et al.(2013)을 기반으로 설정했으며, $X_{i,t}$ 는 신재생에너지원 확충의사를 설명하는 설명변수로 개별 국가 및 시간에 따라 변하는 변수들이다. 본 실증분석에서는 소득수준, 투자, 제조업 비중, 무역 개방도, 금융 발전도, 인적자본, CO₂ 배출량, 천연자원 의존도를 고려했다. Z_i 는 개별 국가에 따라 변하나, 시간에는 영향을 받지 않는 설명변수로 지형적 특성이 대표적인 예이다. 본 실증분석에서는 국가규모를 설명변수로 이용했다. 이때 모든 설명변수는 1기 시차 값을 이용하여 내생성 문제를 해결하였다(García-Álvarez et al., 2017). 이를 통해 신재생에너지 확충 의사가 정책 시행에 영향을 미치는 역인과관계(reverse causality)를 줄였다. 이후 우도 함수를 도출하여 확률효과 토빗 모형으로 추정하였다.³⁾

3) 본 연구는 잠재변수인 신재생에너지 확충 의사와 관측 가능 변수인 설비 비중을 동시차로 반영하였다. 신재생에너지의 경우 건설 기간이 1년 이내로 짧으며, 선행연구들 역시 동시차를 이용하는 경우가 많았다. 강건성 검정을 위해 잠재변수와 관측 가능 변수 사이의 시차를 고려하여 추정된 결과 계수의 절대적 크기가 감소할 뿐 부호 및 유의성은 유지되었다.

3. 데이터

분석에 사용한 데이터는 1990년부터 2014년까지의 연별 104개국 자료이다.⁴⁾ 관찰 가능한 종속변수로는 총 발전설비 대비 신재생에너지 설비 비율을 기본으로 하며, 특정 신재생에너지에 미치는 정책효과를 분석하기 위해 풍력 설비 비율과 태양광 설비 비율 자료를 추가적으로 이용했다. 다만 총 신재생에너지 설비비율 자료에서는 원자력과 수력을 제외하였다. 원자력 및 수력 발전은 경우에 따라 신재생에너지원으로 분류되기도 하지만 정책 지원 대상이 아닌 경우가 포함되어있기에 분석에서 제외했다.

본 연구의 핵심이 되는 RPS 및 FIT 정책은 가변수 형태로 반영하였으며, 해당 신재생에너지원에 대해 지원 정책을 시행할 경우 1의 값을 갖도록 설정했다. 예를 들어 한국의 경우 2002년부터 2011년까지 FIT 정책을 시행했으므로, 2002~2011년에 FIT 변수가 1의 값을 갖고 나머지는 0의 값을 갖도록 구성하였다.

이외 신재생에너지 발전설비 확충의사를 설명하는 변수들로 소득수준, 투자, 제조업 비중, 무역 개방도, 금융 발전도, 인적자본, CO₂ 배출량, 천연자원의존도, 국가크기를 반영했다. 위 통제변수들은 크게 신재생에너지원에 대한 관심과 신재생에너지원 설비를 구축할 수 있는 능력으로 구분된다.⁵⁾

(1) 신재생에너지원에 대한 관심

일반적으로 소득수준이 높을수록 환경에 대한 관심이 커지기 때문에 신재생에너지에 대한 관심이 높아진다. 소득 수준이 높았던 미국, 영국, 독일 등의

4) 구체적인 국가 목록은 <부록 표 1> 참고하라. 분석에 활용한 104개 국가는 IEA-IRENA에서 신재생에너지 정책과 관련하여 정보를 제공하는 140개 국가 중 통제변수 등이 구비되어 있는 국가이다.

5) 세부적인 변수 설명은 <부록 표 2>를 참고하라.

국가들은 교토의정서 체제에서 부속서 I 국가로 분류되어 온실가스 감축 의무를 부여받았다. 이에 따라 이들 국가에서는 이른 시점부터 신재생에너지 확충을 위해 노력했으며, 신재생에너지원에 대한 관심이 높다.

투자는 신재생에너지에 대해 관심을 증폭시킬 수 있다. 투자를 많이 하는 국가일수록 새로운 투자처인 신재생에너지 사업에 더 관심이 클 것으로 기대된다(이재우, 2009).

CO₂ 배출량 역시 신재생에너지원에 대한 관심에 영향을 미친다. 신기후체제에 따라 모든 국가들은 CO₂ 배출량을 감축해야 한다. 따라서 1인당 CO₂ 배출량이 많은 국가에서는 신재생에너지원으로서의 전환을 통해 CO₂를 감축하고자 할 것이다.

제조업 비중의 경우 신재생에너지에 대한 관심과 역의 관계를 가질 것으로 예상된다. 한국수출입은행(2016)에 따르면 2014년 기준 태양광의 발전단가는 140원/kWh로 가스(70원/kWh) 및 석탄(60원/kWh)에 비해 2배 이상 높다. 따라서 제조업의 비중이 높은 국가에서는 에너지 비용 상승을 우려하여 신재생에너지원을 확충하기 어렵다.

신재생에너지원은 전통적인 화석연료를 대체하는 에너지이므로 화석연료가 국가의 주요 산업인 경우 신재생에너지 확충에 소극적일 수 있다. 본 연구에서는 이를 반영하기 위해 국가 소득 중 천연자원 판매 비중을 반영하였다.

(2) 신재생에너지 설비 건설 능력

국가의 신재생에너지원에 대한 관심도에 따라 신재생 설비를 확보할지에 관한 결정을 내릴 수 있다. 하지만 설비를 어느 규모로 구축할지는 신재생에너지 설비를 건설할 수 있는 능력과 관계된다. 무역 개방도가 높은 국가에서는 해외 기술을 전수받거나, 해외의 신재생에너지 설비를 구입하기에 용이하므로 신재생에너지 설비 건설 능력이 높을 것으로 기대된다.

신재생에너지 설비 건설은 초기투자비용이 많이 드는 만큼, 금융발전도가 높을수록 초기 비용을 충당하기에 용이하다. 이에 따라 금융 발전도가 높은

국가에서는 신재생에너지 설비 확충이 용이할 것이다.

태양광 패널, 풍력 블레이드 등과 같은 신재생에너지 발전설비 부품들은 성능이 지속적으로 개선되고 있다. 따라서 인적자본 및 기술력이 높은 국가에서는 더 저렴한 비용으로 신재생에너지 설비를 구축할 수 있기 때문에 인적자본 수준이 신재생에너지 확충 의사에 양의 영향을 미칠 것으로 기대된다.

신재생에너지원은 자연적인 태양광, 풍력 등을 동력으로 이용하는 만큼 전통적인 화석연료에 비해 지형적·지리적인 특성에 많은 영향을 받는다. 국가 규모가 클 경우 신재생에너지 발전을 수행할 여건이 개선되기 때문에 신재생에너지원 확충 의사를 높일 것으로 기대된다.

위 변수들의 기초통계량은 <표 1>과 같다. 평균적으로 전체 발전설비 중 신재생에너지 설비는 2.2%에 불과하다. 풍력설비는 신재생에너지 설비의 절반 정도이며 태양광 설비는 13% 수준이다. 하지만 신재생에너지 설비 보급은 국가에 따라 편차가 매우 크다. 덴마크의 경우 2014년 기준 전체 전력 설비 중 40.24%를 신재생에너지로 충당한 반면, 상당수의 개발도상국들은 신재생에너지 설비가 전무했다.

FIT 및 RPS 정책을 실시한 국가 목록은 <부록 표 1>에 정리되어 있다. 분석 대상인 104개 국가 중 34개 국가는 OECD이며 이외의 70개 국가는 비OECD 국가이다. OECD 국가 중 74%는 신재생에너지 지원 정책을 시행하고 있었으나, 비OECD의 경우 53%만이 지원 정책을 시행하였다. 특징적으로 RPS 정책은 주로 OECD 국가를 중심으로 시행되고 있었으며, 비OECD 국가의 경우 FIT 정책의 비중이 절대적이었다. 또한 OECD 국가들의 경우 RPS 정책과 FIT 정책을 동시에 시행하는 비중이 26%에 달했으나, 비OECD의 경우 인도만이 RPS 정책과 FIT 정책을 동시에 시행하였다.

〈표 1〉 기초통계량

변수명	평균	최대값	최소값	표준편차	관측치 수
전체 신재생에너지 설비 비율 (%)	2.20	40.24	0	5.08	2,536
풍력설비 비율 (%)	1.13	35.79	0	3.45	2,536
태양광설비 비율 (%)	0.28	19.52	0	1.42	2,536
RPS (전체 신재생)	0.08	1	0	0.27	2,600
RPS (풍력에너지)	0.08	1	0	0.27	2,600
RPS (태양광에너지)	0.07	1	0	0.25	2,600
FIT (전체 신재생)	0.18	1	0	0.39	2,600
FIT (풍력에너지)	0.17	1	0	0.38	2,600
FIT (태양광에너지)	0.15	1	0	0.36	2,600
소득	14.92	111.97	0.16	18.86	2,547
투자	123.16	3810.20	0.05	361.13	2,398
제조업 비중 (%)	16.91	43.54	2.41	6.22	2,343
무역 개방도 (%)	82.76	441.60	13.75	51.74	2,539
금융 발전도 (%)	55.04	312.12	0	45.95	2,435
인적자본 (개)	11531	801135	1	53080	1,990
1인당 CO ₂ 배출량	5.15	27.43	0.04	4.82	2,432
천연자원 의존도 (%)	4.92	63.52	0	7.89	2,544
국가 크기	1006.33	16376.87	0.32	2418.20	2,600

V. 패널 분석 결과

1. 중도절단자료 특성 반영에 따른 효과

본 절에서는 전체 104개 국가를 대상으로 FIT 및 RPS 정책의 효과를 분석함과 동시에, 중도절단자료 특성을 반영할 경우 추정 결과가 개선되는지를 확인하였다. 토빗 모형과의 비교를 위해 다음 식(4)와 같은 확률효과 패널 모형

을 벤치마크로 삼아 추정하였다. 확률효과 패널 추정에서는 자료가 중도절단되어 있다는 특징으로 인해 전체 발전설비 대비 신재생에너지 설비의 비중이 0보다 큰 표본만을 이용하였다.

$$RECap_{i,t}^k / TCap_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 FIT_{i,t-1}^k + \beta_2 RPS_{i,t-1}^k + \gamma' X_{i,t-1} + \delta' Z_i + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

(k : 전체, 풍력, 태양광, $i = 1, 2, \dots, 104$, $t = 1990, 1991, \dots, 2014$)

식(3)과 식(4)의 추정 결과는 <표 2>에 제시되어 있다. <표 2>의 좌측은 식(4)의 추정 결과로 종속변수를 전체 신재생에너지 비중, 풍력에너지 비중, 태양광에너지 비중으로 변화하며 추정했을 때의 결과이다. 표의 우측은 식(3)을 확률효과 토빗 모형으로 추정한 결과이다. 토빗 모형을 이용함에 따라 분석대상 국가 수 및 관측치를 30% 이상 추가적으로 확보할 수 있었다.⁶⁾

신재생에너지 발전 비중은 신재생에너지 확충 의사에 따른 결과물로 중도절단자료이기 때문에 식(4)와 같이 확률효과모형 추정 결과는 편향을 가질 수 있다. 대부분의 계수 추정치의 크기 및 유의성이 유사했으나, 투자의 경우 확률효과 모형과 토빗 모형의 차이가 컸다. 확률효과 모형의 경우 전체 신재생에너지 비중 및 풍력에너지 비중을 종속변수로 했을 때 투자의 계수값이 음수로 나타났다. 하지만 중도절단자료의 특성을 반영할 경우 투자의 계수값이 양수로 변화하였으며, 투자가 활발한 국가에서 태양광 확충 의사가 유의적으로 증가하는 현상이 나타나 기존의 편향이 조정되는 효과가 나타났다.

6) 토빗 모형을 이용하지 않고 확률효과 패널 모형을 이용할 경우, 실제 신재생에너지 설비가 존재하는(설비 비중이 0보다 큰) 표본만을 대상으로 분석해야 한다. 반면, 토빗 모형을 이용할 경우 설비 비중은 0으로 나타나, 확충 의사는 존재하는 표본에 대해서도 분석이 가능하기 때문에 더 많은 표본을 이용할 수 있다. 예를 들어 <표 3> 중 전체 신재생에너지 효과를 비교해보면, 확률효과 모형을 이용할 때의 관측치 수는 1,078개이다. 토빗 모형을 이용할 경우 전체 신재생에너지 비중이 0으로 나타난 501개의 표본을 추가적으로 이용할 수 있기 때문에 표본 개수가 1,579개로 늘어나 추가적인 관측치를 확보할 수 있게 된다.

RPS 및 FIT는 전체 신재생에너지, 풍력 설비 확충에 양의 영향을 미쳤다. 또한 FIT의 계수값이 RPS에 비해 크게 나타나, 보조금 지원 정책이 더 효과적임을 확인했다. 특징적으로 태양광의 경우 FIT만이 유의한 양의 효과를 보였다. 이는 선행 연구들의 결과와 유사한데, 태양광의 높은 발전단가로 인해 FIT만이 효과를 발휘하기 때문으로 보인다(García-Álvarez et al., 2017; Zhao et al., 2013). 2014년 기준 태양광에너지의 발전단가는 140원/kWh로 풍력의 발전단가(90원/kWh)에 비해 1.5배 가까이 높다(한국수출입은행, 2016). 따라서 RPS 정책을 시행할 경우 발전비용이 상대적으로 적은 풍력 설비 확충에 집중하기 때문에 태양광 설비 증가 폭은 미미하다. 즉, 태양광 발전 설비를 확대하기 위해서는 FIT와 같은 보조금 지원 정책이 필요하다.

이외의 통제변수들의 경우 대부분 제 III장에서 예상했던 결과와 유사하였다. 천연자원의 경우 계수 추정치가 음으로 추정되었지만 통계적으로 유의하지 않았다. 국가 크기의 경우 태양광을 제외하고 양의 값으로 유의하였다. 태양광의 경우 건물 옥상, 주택가 등 소규모 단위의 설비부터, 대형 태양광 발전설비에 이르기까지 지리적 상황에 따라 설비를 다양하게 구축할 수 있기에 지리적 민감성이 덜하기 때문으로 생각된다.

다만 1인당 CO₂ 배출량의 경우 예상과 달리 음의 값으로 추정되었다. 1인당 CO₂ 배출량이 증가할수록 더 강한 감축의무를 부여받기 때문에 신재생에너지 설비에 대한 확충 의지가 높아질 수 있다. 반면 CO₂ 배출량이 많다는 것은 해당 국가가 온실가스를 많이 배출하는 산업에 대한 의존성이 크다는 것을 의미한다. 이에 따라 신재생에너지 보급에 따른 에너지 가격 인상을 우려하여 신재생에너지 확충 의사가 감소할 수 있다. 실증 분석 결과 후자의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

〈표 3〉 전체 국가에 대한 에너지원별 확률효과 모형과
확률효과 토빗 모형 추정 결과

	식 (4) 확률효과 모형			식(3) 확률효과 토빗 모형		
	전체 (89국)	풍력 (75국)	태양광 (74국)	전체 (104국)	풍력 (104국)	태양광 (104국)
RPS	1.171** (0.485)	1.097*** (0.362)	0.129 (0.316)	0.611** (0.269)	0.531*** (0.182)	-0.099 (0.080)
FIT	2.130*** (0.344)	1.146*** (0.268)	1.403*** (0.245)	1.182*** (0.213)	0.658*** (0.141)	0.478*** (0.103)
소득	5.143*** (0.747)	2.885*** (0.582)	0.265 (0.258)	2.971*** (0.512)	1.601*** (0.345)	0.828*** (0.199)
투자	-1.663*** (0.438)	-1.244*** (0.351)	0.215 (0.221)	0.147 (0.237)	0.163 (0.162)	0.220*** (0.082)
제조업 비중	-0.202*** (0.059)	-0.146*** (0.046)	-0.081*** (0.030)	-0.151*** (0.030)	-0.081*** (0.019)	-0.072*** (0.014)
무역 개방도	0.069*** (0.007)	0.048*** (0.005)	0.018*** (0.003)	0.036*** (0.004)	0.018*** (0.002)	0.011*** (0.002)
금융발전도	0.048*** (0.005)	0.054*** (0.004)	-0.005* (0.003)	0.022*** (0.003)	0.021*** (0.002)	-0.003*** (0.001)
1인당 CO ₂ 배출량	-8.260*** (0.738)	-6.094*** (0.635)	-0.679** (0.289)	-3.639*** (0.479)	-1.817*** (0.310)	-0.799*** (0.179)
인적자본	1.558*** (0.738)	1.358*** (0.194)	0.240** (0.119)	0.582*** (0.122)	0.415*** (0.087)	0.140*** (0.047)
천연자원	-0.008 (0.054)	0.014 (0.045)	-0.024 (0.025)	-0.039 (0.027)	-0.018 (0.018)	-0.010 (0.009)
국가 크기	1.230*** (0.405)	0.522 (0.337)	-0.042 (0.130)	0.528* (0.270)	0.335* (0.182)	0.075 (0.074)
전체 관측치 수	1078	937	622	1579	1579	1579
좌측 절단 관측치 수				501	642	957
국가 수	89	75	74	104	104	104

주1) ***: p-value<0.01, **: p-value<0.05, *: p-value<0.10, 괄호 안은 표준오차를 의미함

주2) 확률효과 토빗 모형의 결과는 추정 결과를 한계효과로 변환한 값이다.

2. 국가 특성 및 정책 중복 시행에 따른 효과 비교

앞서 1절에서 104개 국가 전체를 분석 대상으로 할 경우 FIT 정책의 효과가 RPS 정책보다 큼을 확인하였다. 하지만 국가 특성에 따라 효과적인 신재생에너지 정책이 다를 수 있다. 선진국의 경우 기술개발을 유도하는 FIT 정책이 유리할 수 있으며, 개도국의 경우 선진국의 기술을 수입하여 이용할 수 있으므로 비용 측면에서 강점이 있는 RPS 정책이 유리할 수 있다(Menanteau et al., 2003).

(1) OECD와 비OECD 비교

OECD 국가의 경우 대부분 부속서 I 국가에 속하여 90년대 초중반부터 온실가스 저감 및 신재생에너지 확대 압력을 받아왔다. 이에 따라 신재생에너지 관련 기술력 및 보급 수준이 비OECD 국가에 비해 상대적으로 높다. 실제 2014년 기준 OECD 국가들의 전체 전력 발전 설비 대비 신재생에너지 설비 비중은 13.8%로 비OECD 국가(3.8%)에 비해 4배 가까이 높다.

<표 4>는 전체 104개 국가 표본을 OECD 34개국과 비OECD 70개 국가로 구분하여 식(3)을 추정한 결과이다. 추정 결과 OECD 국가에서는 FIT 정책만이 신재생에너지 확충 의사에 긍정적인 영향을 미쳤다. RPS 정책의 경우 전체 신재생에너지원 뿐만 아니라 풍력 및 태양광 에너지원에도 유의한 영향을 주지 못했다. 이는 OECD 국가들이 이미 일정 수준 이상의 신재생에너지 설비를 갖추고 있기 때문에 신재생에너지를 강제하는 RPS 정책의 효과가 크지 않기 때문이다. 오히려 신규 기술개발에 따른 발전단가 하락이 중요하므로, 기술개발 유인을 제공하는 FIT 정책이 신재생에너지 보급 확대에 긍정적인 영향을 미쳤다.⁷⁾

7) Menanteau et al.(2003)에 따르면 FIT 정책은 사업자들 간의 경쟁을 유발하지는 않지만 기술 개발 유인을 제공한다. 이에 따라 새로운 기술 개발이 지속적으로 필요한 선진국

반면 비OECD 국가들의 경우 전체 신재생에너지 및 풍력에너지 확충에 있어 RPS, FIT 정책 모두 양의 효과를 보였다. 특히 한계효과 크기를 비교해볼 때 전체 신재생에너지의 경우 RPS 정책의 효과가 1.71로 FIT 정책에 비해 2배 크게 나타났으며, 풍력에너지의 경우 5배 가까이 컸다. 이는 신재생에너지 보급이 충분치 않은 개발도상국의 경우 신재생에너지 강제가 효과적임을 의미한다. RPS 정책은 일정 수준의 신재생에너지를 강제하기 때문에 즉각적인 설비 확충 효과가 있으며, 특히 풍력에너지와 같이 발전단가가 낮은 신재생에너지원에 설비 투자가 집중된다. RPS 정책이 태양광 에너지 설비 확충에 유의하지 못한 효과를 준 이유도 태양광 에너지의 발전단가가 상대적으로 높기 때문이다.

〈표 4〉 OECD 및 비OECD 구분에 따른 확률효과 토빗 모형 추정 결과

종속변수	국가 표본	RPS 효과	FIT 효과
전체 신재생에너지	OECD 34개 국가	0.522 (0.413)	1.120*** (0.381)
	비OECD 70개 국가	1.717*** (0.472)	0.850*** (0.185)
풍력 에너지	OECD 34개 국가	0.431 (0.286)	0.515* (0.268)
	비OECD 70개 국가	2.071*** (0.464)	0.433*** (0.106)
태양광 에너지	OECD 34개 국가	-0.122 (0.160)	0.367** (0.172)
	비OECD 70개 국가	0.433 (0.280)	0.439*** (0.113)

주1) 표 내의 수치는 토빗 모형의 계수추정치를 바탕으로 계산한 한계효과를 의미

주2) ***: p-value<0.01, **: p-value<0.05, *: p-value<0.10, 괄호 안은 표준오차를 의미함

주3) 세부 추정 결과는 <부록 표 3>을 참고

에 유리한 제도라고 볼 수 있다. 반면 RPS 정책은 사업자들 간의 경쟁을 유발하지만, 기술개발 유인은 제공하지 않는다.

(2) 신재생에너지 보급 수준에 따른 정책 효과 비교

앞서 OECD 가입 여부에 따라 효과적인 신재생에너지 지원 정책이 달라질 수 있음을 확인했다. OECD 국가들의 신재생에너지 보급 수준이 비OECD 국가들에 비해 높지만, 국가마다 집중적으로 육성하는 에너지원이 다르고 건설 환경 등이 다르기 때문에 단순히 OECD 가입 여부로만 신재생에너지 보급 수준을 판단하기 어렵다.

따라서 본 연구는 풍력 및 태양광 에너지원별로 보급 수준이 높은 그룹과 낮은 국가 그룹을 구분하여 정책 효과를 비교하였다. 2014년 104개 국가의 전체 신재생에너지 평균 보급률인 7.03%를 기준으로, 이보다 보급률이 높은 38개 국가와 낮은 66개 국가 그룹으로 구분하였다. 풍력 에너지의 경우 2014년 풍력 보급률 평균인 4.04%를, 태양광 에너지는 2014년 평균 보급률인 1.89%를 기준으로 국가들을 구분하였다.

<표 5>는 보급률 수준에 따른 RPS 및 FIT 정책의 효과를 비교한 표이며, 추정결과는 기존 OECD·비OECD 분석 결과와 유사하였다. 전체 신재생에너지를 종속변수로 할 때, 신재생에너지 보급이 높은 국가 그룹에서는 FIT 정책만이 효과가 있었다. 반면 신재생에너지 보급률이 낮은 국가에서는 FIT, RPS 정책 모두 효과적이었으며, RPS 정책 효과가 더 컸다.

풍력 에너지를 대상으로 볼 경우 2014년 기준 평균 풍력 발전 보급률인 4.04%를 넘는 국가는 총 34개 국가였으며, 이를 넘지 못하는 국가는 70개 국가였다. 풍력 보급률이 높은 국가 그룹에서 RPS 정책은 오히려 풍력 보급률을 하락시켰지만 FIT 정책은 풍력 에너지 확충 의사에 양의 효과를 미쳤다. 반면 풍력 보급률이 낮은 국가 그룹에서는 RPS 정책의 계수값이 0.347로 FIT 정책에 비해 효과가 뛰어났다.

태양광 에너지의 경우 2014년 평균 태양광 발전 보급률인 1.89%를 기준으로 국가를 구분하였다. 태양광의 경우 보급률 수준과 관계없이 FIT 정책만이 보급률 확대에 도움이 되었다.

〈표 5〉 신재생에너지원별 보급률 수준에 따른
확률효과 토빗 모형 추정 결과

종속변수	국가 표본	RPS 효과	FIT 효과
전체 신재생에너지	신재생에너지 보급률 7.03% 이상 (38개국)	-0.615 (0.446)	2.552*** (0.454)
	신재생에너지 보급률 7.03% 이하 (66개국)	0.704*** (0.220)	0.393*** (0.084)
풍력 에너지	풍력 에너지 보급률 4.04% 이상 (34개국)	-0.993*** (0.318)	0.613** (0.288)
	풍력 에너지 보급률 4.04% 이하 (70개국)	0.347*** (0.083)	0.095*** (0.033)
태양광 에너지	태양광 에너지 보급률 1.89% 이상 (25개국)	-0.172 (0.269)	0.509** (0.249)
	태양광 에너지 보급률 1.89% 이하 (79개국)	-0.018 (0.018)	0.112*** (0.028)

- 주1) 표본 국가 구분은 각 에너지원의 2014년 평균 보급률을 기준으로 함
 주2) 표 내의 수치는 토빗 모형의 계수추정치를 바탕으로 계산한 한계효과를 의미
 주3) ***: p-value<0.01, **: p-value<0.05, *: p-value<0.10, 괄호 안은 표준오차를 의미함
 주4) 세부 추정 결과는 <부록 표 2>를 참고

(3) 정책을 혼용하여 시행할 경우의 효과 비교

본 분석 대상인 104개 국가 중 영국·인도 등 10개 국가에서 FIT 및 RPS 정책을 동시에 사용한 경험이 있다. FIT와 RPS를 혼용하여 사용했을 때 신재생에너지 보급에 더 큰 효과를 미치는지 분석하기 위해 다음과 같이 식(5)를 구성하였다.

$$RE_{i,t}^{k*} = \alpha_i + \beta_1 FIT_{i,t-1}^k + \beta_2 RPS_{i,t-1}^k + \beta_3 FIT_{i,t-1}^k \cdot RPS_{i,t-1}^k + \gamma' X_{i,t-1} + \delta' Z_i + \epsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$RECap_{i,t}^k / TCap_{i,t} = \begin{cases} RE_{i,t}^{k*} & \text{if } RE_{i,t}^{k*} > c \\ 0 & \text{if } RE_{i,t}^{k*} \leq c \end{cases}$$

$$\epsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma^2)$$

(k = 전체, 풍력, 태양광, i = 1, 2, ..., 104, t = 1990, 1991, ..., 2014)

식(5)는 기존의 식(3)에 $RPS_{i,t-1}^k \cdot FIT_{i,t-1}^k$ 변수를 추가한 형태로, i 국가가 $t-1$ 시점에 RPS 및 FIT 정책을 동시에 시행할 경우 1의 값을 갖는 가변수이다. $X_{i,t}$ 및 Z_i 의 경우 식(3)과 동일한 통제변수를 이용하였다.

식(5)를 확률효과 토빗 모형으로 추정한 결과는 다음 <표 6>과 같다. 정책을 동시에 시행한 국가들이 대부분 OECD 국가였으므로, 표본을 OECD와 비 OECD로 구분하지 않고 전체 104개 국가를 대상으로 분석을 진행하였다.

개별 정책을 시행했을 때에 비해, 정책을 중복하여 사용할 경우의 효과는 크지 않았다. 대부분의 경우에서 FIT 효과만이 양으로 유의하게 나타났다. 하지만 풍력에너지의 경우 FIT 정책에 RPS를 추가할 때 풍력에너지 확충의사 및 설비 비중이 더 크게 증가하는 것으로 나타났다. RPS 정책을 시행할 경우 상대적으로 발전비용이 저렴한 풍력에너지로 수요가 몰려 풍력에너지의 확충의사가 더 증가하는 것으로 보인다. 반면 태양광의 경우 RPS 효과의 계수가 유의하지 않았으며, 정책을 동시에 시행했을 때의 효과 역시 유의하지 않았다. 즉, 태양광 산업 육성을 위해서는 RPS 제도보다는 태양광 시장에 대한 직접적인 보조금 지원이 필요함을 확인할 수 있다.

<표 6> 정책 동시 시행 효과 고려시의 확률효과 토빗 모형 추정 결과

종속변수	RPS 효과	FIT 효과	정책 동시 시행 효과
전체 신재생에너지	0.370 (0.313)	1.067*** (0.225)	0.558 (0.431)
풍력 에너지	0.296 (0.193)	0.517*** (0.145)	0.664** (0.302)
태양광 에너지	-0.069 (0.100)	0.500*** (0.114)	-0.073 (0.134)

주1) 표 내의 수치는 토빗 모형의 계수추정치를 바탕으로 계산한 한계효과를 의미

주2) ***: p-value<0.01, **: p-value<0.05, *: p-value<0.10, 괄호 안은 표준오차를 의미함

주4) 세부 추정 결과는 <부록 표 3>을 참고

V. 결론

현재 전 세계는 저성장 기조와 온실가스 저감 의무라는 딜레마에 빠져있다. 경제 성장과 온실가스 저감을 동시에 이루기 위해서는 신재생에너지원로의 전환이 필수적이다. 아직까지 그리드 패리티에 도달한 국가는 28개 국가로 신재생에너지는 여전히 타 에너지원에 비해 경쟁력이 뒤쳐진다(Deutsche Bank, 2015). 따라서 신재생에너지를 육성하기 위해서는 국가 차원의 신재생에너지 지원 정책이 반드시 필요하다.

FIT 정책과 RPS 정책은 모두 각각의 장단점이 존재한다. FIT 정책은 장기 간의 안정적인 지원을 통해 기술개발을 유발하지만, 비용 절감 및 경쟁력 강화를 유도하기 어렵다. 또한 정부의 재정 지원이 필요하기 때문에 지속적인 정책 시행이 어려울 수 있다. 반면 RPS 정책은 정부의 재정 지출이 없고, 시장 메커니즘을 이용해 자율적으로 최적의 신재생에너지원이 선정된다는 점에서 비용이 절감된다. 하지만 특정 신재생에너지원으로 설비가 편중되는 문제가 발생하며, 기술개발 유인이 없기 때문에 정부가 원하는 신재생에너지원을 육성하기 어렵다.

본 연구는 전 세계 104개국을 대상으로 FIT 및 RPS 정책이 신재생에너지 설비 확충 의사에 얼마만큼의 영향을 미치는지 실증적으로 분석하였다. 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 관찰 가능한 변수가 중도절단되어 있다는 자료의 특성을 반영하여 토빗 모형을 추정한 결과 전반적인 추정치 및 유의성은 유지되었으며, 일부 직관과 부합하지 않던 계수값이 조정되었다. 둘째, 전체 국가를 대상으로 분석을 진행할 경우 FIT의 효과가 RPS 효과보다 컸다. 특히 발전단가가 높은 태양광 에너지의 경우 FIT 정책만 효과가 있었다. 셋째, 국가를 OECD와 비OECD로 구분하여 정책효과를 분석한 결과, OECD에서는 신

기술 개발을 유도할 수 있는 FIT 정책만 효과가 있었다. 반면 비OECD의 경우 FIT, RPS 정책 모두 양의 효과가 나타났으며, RPS 정책의 효과가 더 컸다. 보급률을 기준으로 보급률이 높은 국가와 낮은 국가를 구분하여 분석한 경우에도 위와 유사한 결과를 보였다. 넷째, RPS 및 FIT 정책을 혼용하여 사용하는 경우 추가적인 효과는 크지 않았다. 다만 풍력의 경우 발전단가가 낮기 때문에 풍력발전의 경우에만 정책 혼용에 따른 효과가 존재했다.

본 연구의 주된 한계점은 정책 효과를 가변수로만 반영했다는 점이다. 분석 대상 국가를 최대한으로 이용함에 따라 정책의 강도에 대한 자료를 구할 수 없었다. 하지만 García-Álvarez et al.(2017)의 연구와 같이 EU 국가들은 신재생에너지 지원금, REC 가격 등의 정책 강도 관련 자료를 제공하고 있으므로, 이를 이용하여 정책 강도에 따른 효과를 분석할 필요가 있다. OECD의 경우에도 1990년부터 RPS 및 FIT 정책의 강도를 지수화한 EPS(Environmental Policy Stringency) 지수를 제공하고 있다. 따라서 향후에는 표본 국가를 축소하여, 신재생에너지 지원 정책 강도에 따른 효과를 분석할 필요가 있다.

본 연구는 실증 분석을 통해 OECD 국가에서는 FIT 정책이, 비OECD 국가에서는 RPS 정책의 효과가 큼을 밝혔다. 한국의 경우 재정 부담 등을 이유로 2012년 FIT 정책을 폐기하고, RPS 정책으로 전환하였다. 하지만 RPS 시행에 따른 실질적인 효과는 크지 않았다. 2013년 기준 발전사들의 신재생에너지 의무 이행률은 67.2%에 불과했다. 또한 의무량 대부분을 목재 펠릿(wood pallet)과 같이 기존 설비를 이용한 신재생에너지원으로 충당하였다. 그 결과 한국의 신재생에너지 생산량 중 바이오·폐기물의 비중이 84%이며 태양광은 6.4%, 풍력은 2.1% 수준에 불과하다(산업통상자원부·한국에너지공단, 2016).

바이오 및 폐기물 발전은 순수한 의미의 신재생에너지 발전으로 볼 수 없으며 UN 역시 목재 펠릿과 같은 바이오 폐기물 발전을 신재생에너지 설비로 인정하지 않고 있다. UN 기준에 따른 한국의 신재생에너지 발전 설비 비중은 3% 수준에 불과하다.

2008년 수립한 ‘그린에너지산업 발전전략’ 이후 한국 정부는 태양광·수소전

지 등을 미래 산업으로 선정하며 지난 8년간 4조원 이상을 연구개발에 투자하였다. 최근 문재인 정부 역시 2030년까지 매년 10조원을 신재생에너지에 투자할 것이라고 공표하였다. 신재생에너지를 미래 성장 동력으로 육성하기 위해서는 연구개발 지원과 함께 적절한 신재생에너지 지원 정책이 필요하다. 제 IV장의 분석 결과와 같이 선진국의 경우 기술개발유인을 제공하는 FIT 정책만 신재생에너지보급에 효과가 있었다. 특히 한국 정부가 육성하고 있는 태양광의 경우 RPS 정책의 효과가 유의하지 않았다.⁸⁾

RPS 정책을 통해 한국의 신재생에너지 설비가 급증한 것은 사실이나, 설비 중 47.9%(2016년 기준)가 석탄과 함께 연소되는 바이오에너지라는 점은 RPS 제도의 허점을 보여준다. 영국, 일본, 중국 역시 최근 RPS 정책의 한계를 느껴 FIT로 정책을 전환하였다. 정부 역시 이러한 기조를 받아들여 현재의 RPS 정책에 FIT 정책을 결합하여 시행하거나 FIT로 전환하는 등 인식의 전환이 필요하다. 적극적인 연구개발과 이를 보조할 수 있는 신재생에너지 지원 정책이 병행될 때, 비로소 한국 정부가 목표로 하는 신재생에너지 20% 보급을 달성할 수 있을 것이다.

접수일(2017년 7월 29일), 수정일(2017년 9월 7일), 게재확정일(2017년 9월 20일)

8) 한국의 경우 태양광 설비 보급 확대를 위해 2015년까지 RPS 제도상에서 태양광과 비태양광 부문을 구분하여 운영하였다. 태양광 부문에 대하여 REC 가중치를 추가적으로 부여하였으며, 통상적인 의무 공급량 이외에도 태양광 별도 의무량을 부여하여 태양광을 집중적으로 육성하였다.

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 권태형. 2014. 「신재생에너지 시장 확대를 위한 정책수단의 비교」. 한국정책과학학회보, 18(2), 1-23.
- 김태은. 2011. 「신재생에너지 성장의 영향요인 연구」. 한국행정학보, 45(3), 305-333.
- 산업통상자원부·한국에너지공단. 2016. 「2015년 신재생에너지 보급통계」
- 박정순. 2015. 「국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석」, KEEI 기본연구보고서; 15-25
- 이민식. 2009. 「FIT와 RPS제도 비교와 시사점」. 산은경제연구소
- 이재우. 2009. 「신재생에너지 산업의 장애 및 위험요인과 금융방식」. 한국수출입은행, 수은해외경제, 37-57.
- 한국수출입은행. 2011. 「신재생에너지산업에서 정책금융의 역할 및 시사점」. Issue Briefing vol. 2011-04
- 한국수출입은행. 2016. 「2016년 세계 신재생에너지 산업 전망 및 이슈」, Issue Report vol. 2016-1분기-01
- 한국에너지공단. 2016. 「2016 신·재생에너지의 이해」, 한국에너지공단 신·재생에너지센터
- Aguilar, F. X., and Cai, Z. 2010. “Exploratory analysis of prospects for renewable energy private investment in the US.” *Energy Economics*, 32(6), 1245-1252.
- Amemiya, T. 1984. “Tobit models: A survey.” *Journal of econometrics*, 24(1-2), 3-61.
- Berry, T., and Jaccard, M., 2001. “The renewable portfolio standard: design considerations and an implementation survey.” *Energy Policy*, 29(4), 263-277.
- Butler, L., and Neuhoff, K. 2008. “Comparison of feed-in tariff, quota and auction mechanisms to support wind power development.” *Renewable energy*, 33(8), 1854-1867.
- Carley, S. 2009. “State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness.” *Energy policy*, 37(8), 3071-3081.

- Delmas, M. A., and Montes-Sancho, M. J. 2011, "US state policies for renewable energy: Context and effectiveness." *Energy Policy*, 39(5), 2273-2288.
- Deutsche Bank. 2015, "FIT for investors Crossing the Chasm." Recuperado a partir de https://www.db.com/cr/en/docs/solar_report_full_length.pdf
- Dong, C. G. 2012. "Feed-in tariff vs. renewable portfolio standard: An empirical test of their relative effectiveness in promoting wind capacity development." *Energy Policy*, 42, 476-485.
- Gan, L., Eskeland, G. S., and Kolshus, H. H. 2007. "Green electricity market development: Lessons from Europe and the US." *Energy Policy*, 35(1), 144-155.
- García-Álvarez, M. T., Cabeza-García, L., and Soares, I. 2017. "Analysis of the promotion of onshore wind energy in the EU: Feed-in tariff or renewable portfolio standard?." *Renewable Energy*, 111, 256-264.
- Menanteau, P., Finon, D., and Lamy, M. L. 2003. "Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy." *Energy policy*, 31(8), 799-812.
- Menz, F. C., and Vachon, S. 2006. "The effectiveness of different policy regimes for promoting wind power: Experiences from the states." *Energy policy*, 34(14), 1786-1796.
- Nakano, R., & Zusman, E. 2016. "Determinants of Willing to Pay (WTP) for Renewable Energy in Post-Fukushima Japan: Results of Ordinal Multinomial Logit and Tobit Regression Models."
- REN21. 2017. "Renewables 2017 Global Status Report" (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-9818107-6-9
- Shrimali, G., and Kniefel, J. 2011. "Are government policies effective in promoting deployment of renewable electricity resources?." *Energy Policy*, 39(9), 4726-4741.
- Zhao, Y., Tang, K. K., and Wang, L. L. 2013. "Do renewable electricity policies promote renewable electricity generation? Evidence from panel data." *Energy policy*, 62, 887-897.

부 록

〈부록 표 1〉 분석 대상 국가의 RPS 및 FIT 시행 여부

RPS 및 FIT 정책	OECD 국가 (총 34개 국가)	비 OECD 국가 (총 70개 국가)
FIT 정책 시행국가	<p>호주(AUS), 오스트리아(AUT), 캐나다(CAN), 스위스(CHE), 독일(DEU), 덴마크(DNK), 스페인(ESP), 에스토니아(EST), 핀란드(FIN), 프랑스(FRA), 영국(GBR), 그리스(GRC), 헝가리(HUN), 아일랜드(IRL), 이탈리아(ITA), 일본(JPN), 대한민국(KOR), 룩셈부르크(LUX), 라트비아(LVA), 네덜란드(NLD), 폴란드(POL), 포르투갈(PRT), 슬로바키아(SVK), 터키(TUR)</p> <p>이상 24개 국가</p>	<p>아르헨티나(ARG), 아르메니아(ARM), 불가리아(BGR), 보스니아헤르체코비나(BIH), 벨라루스(BLR), 볼리비아(BOL), 중국(CHN), 콜롬비아(COL), 키프로스공화국(CYP), 알제리(DZA), 에콰도르(ECU), 이집트(EGY), 크로아티아(HRV), 인도네시아(IDN), 인도(IND), 요르단(JOR), 카자흐스탄(KAZ), 케냐(KEN), 리투아니아(LTU), 몰타(MLT), 몬테네그로(MNE), 모리셔스(MUS), 말레이시아(MYS), 나이지리아(NGA), 파키스탄(PAK), 필리핀(PHL), 세르비아(SRB), 태국(THA), 튀니지(TUN), 우간다(UGA), 우크라이나(UKR), 우르과이(URY), 베트남(VNM), 남아프리카공화국(ZAF)</p> <p>이상 34개 국가</p>
RPS 정책 시행국가	<p>호주(AUS), 벨기에(BEL), 덴마크(DNK), 에스토니아(EST), 영국(GBR), 헝가리(HUN), 아일랜드(IRL), 이탈리아(ITA), 일본(JPN), 대한민국(KOR), 네덜란드(NLD), 노르웨이(NOR), 스웨덴(SWE), 미국(USA)</p> <p>이상 14개 국가</p>	<p>브라질(BRA), 인도(IND), 마다가스카르(MDG), 루마니아(ROU)</p> <p>이상 4개 국가</p>

RPS 및 FIT 제도가 신재생에너지 보급에 미치는 효과 분석 : 104개국 패널토빗분석

<p>정책 혼용 국가</p>	<p>호주(AUS), 덴마크(DNK), 에스토니아(EST), 영국(GBR), 헝가리(HUN), 아일랜드(IRL), 이탈리아(ITA), 일본(JPN), 네덜란드(NLD)</p> <p>이상 9개 국가</p>	<p>인도(IND)</p> <p>이상 1개 국가</p>
<p>정책 미시행 국가</p>	<p>칠레(CHL), 체코(CZE), 아이슬란드(ISL), 멕시코(MEX), 뉴질랜드(NZL), 슬로베니아(SVN)</p> <p>이상 6개 국가</p>	<p>알바니아(ALB), 아제르바이잔(AZE), 부르키나파소(BFA), 방글라데시(BGD), 벨리즈(BLZ), 바베이도스(BRB), 브루나이(BRN), 보츠와나(BWA), 코스타리카(CRI), 도미니카공화국(DOM), 과테말라(GTM), 온두라스(HND), 이란(IRN), 캄보디아(KHM), 스리랑카(LKA), 모로코(MAR), 몰도바(MDA), 몽골(MNG), 모잠비크(MOZ), 말라위(MWI), 니카라과(NIC), 파나마(PAN), 페루(PER), 파라과이(PRY), 러시아(RUS), 르완다(RWA), 사우디아라비아(SAU), 싱가폴(SGP), 엘살바도르(SLV), 타지키스탄(TJK), 베네수엘라(VEN), 예멘(YEM), 잠비아(ZMB)</p> <p>이상 33개 국가</p>

주1) 괄호 안은 해당 국가의 World Bank 국가 코드를 의미함

〈부록 표 2〉 변수 설명 및 출처

변수명		변수 설명	출처
총 발전설비 대비 신재생 에너지 비율 (%)		신재생에너지는 태양광, 풍력, 지열 조·파력 발전 설비를 반영 (원자력, 수력은 미반영)	UNSD
총 발전설비 대비 풍력 설비 비율 (%)		총 발전설비 중 풍력 발전 설비의 비중	UNSD
총 발전설비 대비 태양광 설비 비율 (%)		총 발전설비 중 태양광 발전 설비의 비중	UNSD
RPS 정책	신재생에너지 가변수	신재생에너지원 중 적어도 한 부문에 RPS 정책을 실시할 경우 1의 값을 갖는 가변수	IEA-IRENA database
	풍력 가변수	풍력 부문에 대해 RPS 정책 시행시 1의 값을 갖는 가변수	
	태양광 가변수	태양광 부문에 대해 RPS 정책 시행시 1의 값을 갖는 가변수	
FIT 정책	신재생에너지 가변수	신재생에너지원 중 적어도 한 부문 이상에 FIT 정책을 실시할 경우 1의 값을 갖는 가변수	IEA-IRENA database
	풍력 가변수	풍력 부문에 대해 FIT 정책 시행시 1의 값을 갖는 가변수	
	태양광 가변수	태양광 부문에 대해 FIT 정책 시행시 1의 값을 갖는 가변수	
소득		1인당 실질GDP의 로그값 (단위: thousand 2010 US\$)	World Bank
투자		실질 총고정자본형성 (단위: billion 2010 US \$)	World Bank
제조업 비중		GDP 대비 제조업 비중 (%)	World Bank
무역 개방도		(수입+수출)/GDP (%)	World Bank
금융 발전도		GDP 대비 민간부문 국내신용 비율 (%)	World Bank
인적자본		특허 출원 개수의 로그값 (단위: 개)	World Bank
CO ₂ 배출량		1인당 CO ₂ 배출량의 로그값 (단위: metric tons)	EIA
천연 자원 의존도		천연자원 판매액/GDP (%) (천연자원은 원유, 천연가스, 석탄, 광물 및 임업제품을 의미)	World Bank
국가 크기		국가 크기 (단위: 1,000 km ²)	World Bank

〈부록 표 3〉 OECD 및 비OECD 구분에 따른
확률효과 토빗 모형 추정 결과

	전체 신재생에너지		풍력 에너지		태양광 에너지	
	OECD (34국)	비OECD (70국)	OECD (34국)	비OECD (70국)	OECD (34국)	비OECD (70국)
RPS	0.522 (0.413)	1.717*** (0.742)	0.431 (0.286)	2.071*** (0.464)	-0.122 (0.160)	0.433 (0.280)
FIT	1.120*** (0.381)	0.850*** (0.185)	0.515* (0.268)	0.433*** (0.106)	0.367** (0.017)	0.439*** (0.113)
소득	3.759*** (1.237)	1.508*** (0.451)	1.926** (0.912)	0.905*** (0.304)	1.196** (0.477)	0.620*** (0.235)
투자	-1.864*** (0.597)	0.668*** (0.206)	-0.615 (0.437)	0.173 (0.116)	0.074 (0.224)	0.065 (0.051)
제조업 비중	-0.343*** (0.071)	-0.022 (0.021)	-0.197*** (0.050)	0.000 (0.011)	-0.118*** (0.031)	-0.022*** (0.008)
무역 개방도	0.062*** (0.009)	0.017*** (0.003)	0.034*** (0.006)	0.006*** (0.002)	0.027*** (0.005)	0.004*** (0.001)
금융 발전도	0.031*** (0.005)	0.015*** (0.003)	0.034*** (0.004)	0.009*** (0.002)	-0.008*** (0.002)	0.001 (0.001)
1인당 CO ₂ 배출량	-12.71*** (1.439)	-0.978*** (0.337)	-7.204*** (1.021)	-0.074 (0.190)	-3.123*** (0.628)	-0.369** (0.142)
인적자본	1.928*** (0.311)	0.072 (0.084)	1.300*** (0.232)	-0.024 (0.046)	0.597*** (0.150)	0.039 (0.026)
천연자원	0.064 (0.085)	-0.043** (0.020)	-0.003 (0.058)	-0.012 (0.010)	-0.019 (0.037)	-0.003 (0.005)
국가 크기	0.812 (0.650)	0.146 (0.238)	0.117 (0.488)	0.297* (0.170)	0.311 (0.195)	0.075 (0.060)
전체 관측치 수	667	912	667	912	667	912
좌측 절단 관측치 수	46	455	94	548	225	732
국가 수	34	70	34	70	34	70

주1) 표 내의 수치는 식(3)의 한계효과를 의미함

주2) ***: p-value<0.01, **: p-value<0.05, *: p-value<0.10

주3) 괄호 안은 표준오차를 의미함

〈부록 표 4〉 정책 중복 시행에 따른 확률효과 토빗 모형 추정 결과

	식 (5) 확률효과 토빗 모형		
	전체 신재생에너지	풍력 에너지	태양광 에너지
RPS	0.370 (0.313)	0.296 (0.193)	-0.069 (0.100)
FIT	1.067*** (0.225)	0.517*** (0.145)	0.500*** (0.114)
정책 동시 시행	0.558 (0.431)	0.664** (0.302)	-0.073 (0.134)
소득	3.032*** (0.517)	1.676*** (0.352)	0.816*** (0.198)
투자	0.150 (0.237)	0.164 (0.162)	0.218*** (0.082)
제조업 비중	-0.151*** (0.029)	-0.082*** (0.019)	-0.071*** (0.014)
무역 개방도	0.036*** (0.004)	0.018*** (0.002)	0.011*** (0.002)
금융발전도	0.022*** (0.003)	0.020*** (0.002)	-0.003*** (0.001)
1인당 CO ₂ 배출량	-3.683*** (0.482)	-1.861*** (0.313)	-0.790*** (0.178)
인적자본	0.587*** (0.122)	0.421*** (0.088)	0.140*** (0.047)
천연자원	-0.039 (0.027)	-0.018 (0.018)	-0.010 (0.009)
국가 크기	0.532** (0.271)	0.345* (0.183)	0.073 (0.073)
전체 관측치 수	1579	1579	1579
좌측 절단 관측치 수	501	642	957
국가 수	104	104	104

주1) 표 내의 수치는 식(5)의 한계효과를 의미함

주2) ***: p-value<0.01, **: p-value<0.05, *: p-value<0.10

주3) 괄호 안은 표준오차를 의미함

ABSTRACT

Analysis on the effects of RPS and FIT policies
on the renewable energy supply : Panel tobit
analysis of 104 countries

Hyungwoo Lim* and Hahyun Jo**

This study compares the effectiveness of the FIT (Feed-In Tariff) and RPS (Renewable Portfolio Standard) policy. Using the annual data of 104 countries from 1990 to 2014, we analyzed the effects of the two policies on the supply rate of renewable energy. After using random effect Tobit model, we found that the effect of FIT is larger than that of RPS. For OECD countries, the effect of FIT policy was greater than that of RPS. However, for non-OECD countries, RPS was more effective than FIT. Comparing policy effects based on renewable energy supply rate, FIT was effective in countries with high supply rate, and RPS policy was effective in countries with low supply rate. The additional effect of implementing the RPS and FIT policies at the same time was not large overall. However on wind energy, the effect increased when the policies were implemented together.

Key Words : FIT(Feed-In Tariff), RPS(Renewable Portfolio Standard),
panel tobit model

* Department of Economics, Yonsei University (main author). hyungwoo.lim0206@gmail.com

** Professor, Department of Economics, Yonsei University (Associate Research).
hahyunjo@hanmail.net